

Zum postmortalen Alkoholnachweis in der Augenglaskörperflüssigkeit

Vorgelegt

von

Christa Goerlich

aus

Ingolstadt

1977
—



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität
Erlangen - Nürnberg

Direktor: Prof. Dr. H.-B. Wuermeling

ZUM POSTMORTALEN ALKOHOLNACHWEIS
IN DER AUGENGLASKÖRPERFLÜSSIGKEIT

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde

dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Christa Goerlich

aus

Ingolstadt

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin der
Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer
Referent: Prof. Dr. L. Lautenbach
Korreferent: Prof. Dr. H.-B. Wuermeling

Tag der mündlichen Prüfung: 16.6.1977

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	2
2. METHODIK	5
3. ERGEBNISSE	7
3.1. <u>Wassergehaltsbestimmungen</u>	7
3.1.1. Wassergehalt von Blutproben	7
3.1.2. Wassergehalt der Augenglas- körperflüssigkeit (GF)	10
3.2. <u>Verhältnis des Alkoholgehaltes in der Augenglaskörperflüssigkeit zur Blut- alkoholkonzentration</u>	12
3.2.1. Ohne Berücksichtigung des Was- sergehaltes des Blutes	12
3.2.1.1. Quotient Alkoholgehalt GF/BAK (Gesamtdarstellung)	12
3.2.1.2. Quotient Alkoholgehalt GF/BAK unter Berücksichtigung der Zeit zwischen Tod und Probennahme	13
3.2.2. Nach Korrektur der Blutalkohol- konzentration unter Berücksich- tigung des Wassergehaltes	14
3.3. <u>Nachuntersuchungen gelagerter GF-Proben</u>	18
4. DISKUSSION	19
5. ZUSAMMENFASSUNG	28
6. LITERATURVERZEICHNIS	31

1. EINLEITUNG

Der postmortale Alkoholnachweis hat in den letzten Jahrzehnten u.a. infolge Häufung tödlicher Verkehrsunfälle mehr und mehr an Bedeutung gewonnen. In der rechtsmedizinischen Praxis gehört er zu den Routineuntersuchungen. Im Gegensatz zur Blutalkoholfeststellung beim Lebenden, für die generell geregelte und exakte Analysenmethoden zur Verfügung stehen, sind Bestimmung und Beurteilung von Alkoholbefunden im Leichenblut weiterhin oft problematisch.

In Einzelfällen ergeben sich auch heute noch Schwierigkeiten aufgrund unzulänglicher oder falscher Probenahmen. Im Vordergrund stehen jedoch diejenigen Einflüsse auf den Blutalkoholgehalt, die im Zusammenhang mit Leichenveränderungen auftreten. Sie können sowohl zur temporären Erhöhung als auch Senkung des Alkoholspiegels im Leichnam und in vitro führen. Nach den Mitteilungen in der Literatur liegen dafür prinzipiell folgende Ursachen zugrunde (Literatur siehe bei WEINIG und LAUTENBACH, 1962, 1972):

1. Änderung der Alkoholverteilung im Leichnam

- a) Durch postmortale Alteration der Blutzusammensetzung als Folge von Hypostase, zunehmende Durchlässigkeit der Blutgefäße, Blutgerinnung, Hämolyse und andere thanatochemische Vorgänge

- b) Durch Alkoholdiffusion bei zur Todeszeit noch nicht abgeschlossener gleichmäßiger Alkoholverteilung.

2. Direkte Einwirkungen auf den Blutalkohol

- a) durch eigenfermentativen Alkoholabbau
- b) durch mikrobiellen Alkoholabbau oder
- c) durch Fäulnisalkoholbildung.

Mit Hilfe zusätzlicher Untersuchungsverfahren, z.B. Bestimmung des Probenwassergehaltes, reinigende Destillation der Blutproben, chemische und schließlich gaschromatographische Erfassung von Fäulnissubstanzen, insbesondere von Fäulnisalkoholen, ließ sich der postmortale Alkoholnachweis laufend verbessern. Gleichzeitig wurde versucht, durch Probenahme von Blut aus mehreren Gefäßregionen oder durch Verwendung anderer Körperflüssigkeiten exaktere Alkoholuntersuchungsergebnisse zu erzielen.

Lange galt Harn hierfür als geeignetes Substrat, bis Versuche u.a. von WEINIG, ZINK und REINHARDT (1970) ergaben, daß ein sicherer Rückschluß aus Harnalkoholwerten auf die Höhe des Blutalkoholgehaltes nicht möglich ist. Außerdem stellte sich die angebliche Resistenz des Harnes gegen Fäulnis als Irrtum heraus. Fäulnisalkohole wurden inzwischen im Harn viel häufiger, früher und zum Teil auch in höherer Konzentration als im Blut gefunden (LAUTENBACH, 1968 und 1973, JOACHIM, WUERMEILING und WÜST, 1975). Zu

erheblichen Verfälschungen kann nach GÜNTHER (1976) schließlich postmortale Invasion von Alkohol in die Harnblase führen.

Tierexperimentelle Studien über das Auftreten von Alkohol im Auge von HENTSCH und MÜLLER (1965) und weitere Untersuchungen mit Leichenmaterial von STURNER und COUMBIS (1966/1967), FELBY und OLSEN (1969), LAUTENBACH (1969), HEUMANN und PRIBILLA (1970) und AUDRLICKY und PRIBILLA (1971) ließen erwarten, daß sich Alkohol in der Augenglaskörperflüssigkeit nach dem Tode längere Zeit ohne wesentliche Veränderungen nachweisen läßt.

Ziel dieser Arbeit ist es, anhand einer größeren Zahl von Fällen das postmortale Verhalten des Alkoholspiegels im Femoralvenenblut und in der Augenglaskörperflüssigkeit miteinander zu vergleichen.

2. METHODIK

Zur Auswertung gelangten je 164 Proben mit Leichenblut und Augenglaskörperflüssigkeit aus dem Sektionsgut des Institutes. Sie stammten überwiegend von Verkehrstoten und wiesen Alkoholkonzentrationen zwischen 0,5 ‰ und über 4,0 ‰ auf. Analysen zum Nachweis von Fäulnisveränderungen verliefen negativ. Außerdem wurden 176 weitere Blutproben ausschließlich zur Wassergehaltsbestimmung in die Untersuchungen mit einbezogen.

Die Probenahme erfolgte in üblicher Weise, d.h. nach Präparation der Vena femoralis durch Aufnahme des aus den eröffneten Gefäßen ausfließenden Blutes, bzw. durch Punktion der Glaskörperflüssigkeit im Bereich des lateralen Augenwinkels mit Venüle. Bis zur Untersuchung, sofern diese nicht unverzüglich vorgenommen werden konnte, wurden die Proben bei 4⁰ C aufbewahrt und für Nachuntersuchungen ebenfalls bei dieser Temperatur gelagert.

Die Alkoholbestimmung führten wir nach dem WIDMARK-Verfahren und der ADH-Methode unter Berücksichtigung der Vorschriften des Bundesgesundheitsamtes durch (LUNDT und JAHN). Zusätzlich wurden alle Proben gaschromatographisch nach dem "head-space"-Verfahren (MACHATA 1967) sowohl mit als auch ohne inneren Standard (tert. Butanol) analysiert; zur sicheren Erfassung flüchtiger Fäulnissubstanzen diente

insbesondere die isotherme Auftrennung von 0,5 ml Dampfphase an einer 2 m Polyäthylenglykol-Säule unter voller Ausnutzung der Empfindlichkeit des Flammenionisationsdetektors.

Den Wassergehalt des Blutes stellten wir nach dem Trockengewichtsverfahren fest (BRETTEL 1972). Hierzu wurde das in WEYRICH-Näpfchen eingewogene Untersuchungsmaterial im Brutschrank 24 Stunden bei 60° C über Bichromat-Schwefelsäure getrocknet und der Wasseranteil aus dem Rückstand berechnet.

3. ERGEBNISSE

3.1. Wassergehaltsbestimmungen

3.1.1. Wassergehalt von Blutproben

340 Blutproben, die zu unterschiedlichen Zeiten nach Todeseintritt entnommen wurden, standen zum Nachweis des Blutwassergehaltes zur Verfügung. Das Zeitintervall zwischen Tod und Probenahme betrug wenige Minuten bis 124 Tage.

Die Untersuchungen ergaben nach anfänglichem leichten Anstieg des Wassergehaltes in den ersten drei Stunden post mortem auf ca. 82 Gew.% eine stetige Abnahme der Konzentration bis zum niedrigsten Durchschnittswert von 74 Gew.% (Abb. 1).

Aus Tabelle 1, in der die Mittelwerte und Standardabweichungen der Befunde aufgeführt sind, geht hervor, daß sich die ohnehin große Streuung der Ergebnisse mit zunehmendem postmortalem Zeitintervall deutlich erhöht.

Tabelle 1: Wassergehalt von 340 Leichenblutproben aus der Vena femoralis. Klassenbildung mit gleicher Besetzungszahl nach Ordnung des Kollektivs unter Berücksichtigung der Zeit zwischen Tod und Blutentnahme

Zeit zwischen Tod und Blutentnahme in Stunden	Wassergehalt der Blutproben in Gew. %		
KLASSENMITTE	MITTELWERT	STREUUNG $\pm$	HÄUFIGKEIT
0,397	80,4085	2,046	34
1,380	80,6071	2,630	34
2,265	81,2476	3,125	34
4,046	80,3395	2,566	34
8,533	78,3353	3,054	34
12,286	76,6605	3,434	34
19,625	75,9840	3,164	34
30,604	74,9625	3,550	34
47,765	74,1338	4,163	34
251,777	73,9423	4,637	34

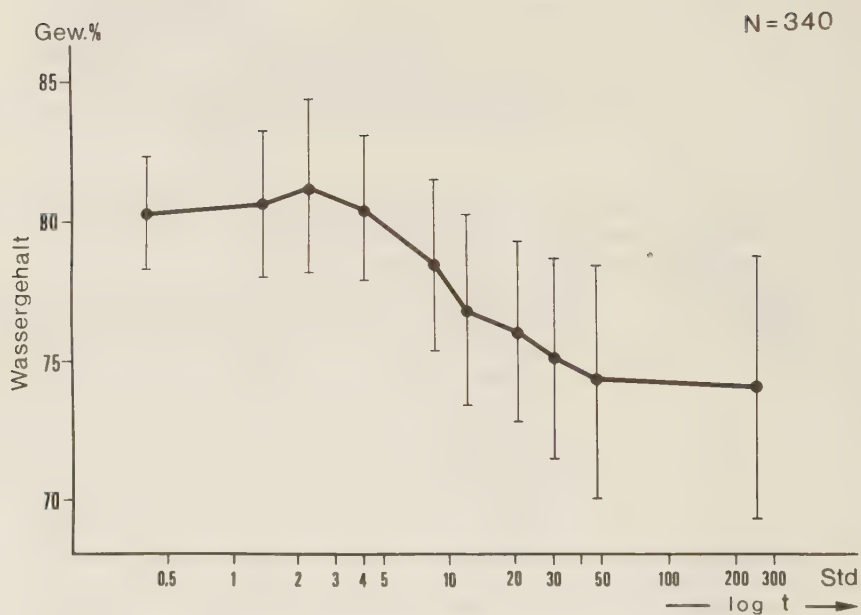


Abb. 1:

Änderung des Wassergehaltes von Leichenblut aus der Vena femoralis in Abhängigkeit von der Zeit zwischen Tod und Blutentnahme. Darstellung der Mittelwerte und der Streuung.

3.1.2. Wassergehalt der Augenglaskörperflüssigkeit (GF)

Zur Prüfung der Höhe des Wasseranteils in der Augenglaskörperflüssigkeit (GF) und möglicher postmortalen Veränderungen wurden 19 GF-Proben untersucht, die zwischen einem Tag und neun Tagen p.m. entnommen worden waren. Die Ergebnisse lagen im Vergleich zu denen der Blutproben eng beisammen. Die Streuung war mit $\pm 0,4$ % gering. Als Mittelwert fand sich ein Wassergehalt von 98,465 Gew.%; die Extremwerte betrugen 97,225 und 98,902 Gew.% (siehe Tab. 2). Unterschiede des Wassergehaltes abhängig von der Entnahmezeit ließen sich nicht erkennen.

Tabelle 2: Wassergehalt der Augenglaskörper-
flüssigkeit

Sektion	Mittelwert aus 3 Bestimmungen (Gew.%)
60/68	98,548
62/68	98,684
63/68	98,828
8/75	98,603
14/75	98,600
16/75	98,246
20/75	98,693
22/75	98,309
23/75	98,804
26/75	98,641
27/75	98,574
33/75	98,820
34/75	97,225
55/75	97,860
57/75	98,743
59/75	97,945
63/75	98,457
64/75	98,433
67/75	98,902
N = 19	$\bar{x} = 98,465 \quad \pm 0,4 \text{ Gew.}\%$

3.2. Verhältnis des Alkoholgehaltes in der Augenglas-
körperflüssigkeit zur Blutalkoholkonzentration

3.2.1. Ohne Berücksichtigung des Wasser-
gehaltes der Blutproben

Bei den im Folgenden aufgeführten Untersuchungsergebnissen ist der Blutalkohol zugrundegelegt, wie er bei der Untersuchung nach Widmark und ADH resultierte. Postmortale Änderungen des Wassergehaltes blieben zunächst unberücksichtigt.

3.2.1.1. Quotient Alkoholgehalt GF / BAK
(Gesamtdarstellung)

Zur Überprüfung der Alkoholverteilung errechneten wir anhand von 164 Fällen das Verhältnis des Alkoholspiegels der Augenglaskörperflüssigkeits- und Blutproben. In Abb. 2 ist die Häufigkeitsverteilung der gefundenen Werte in der oberen Bildhälfte graphisch dargestellt. Bei der statistischen Auswertung resultierte als arithmetisches Mittel ein Quotient von 1,224 mit einer Streuung von $\pm 0,11$ (Extremwerte 0,9741 und 1,5842). Mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitsnetzes ließ sich die Frage der Normalverteilung der Stichprobe nicht eindeutig klären. Im χ^2 -Test waren die beobachteten Häufigkeiten auf dem 30%-Niveau normalverteilt.

3.2.1.2. Quotient Alkoholgehalt GF/BAK unter Berücksichtigung der Zeit zwischen Tod und Probenahme

110 Blut- und GF-Proben standen zur Verfügung, um den Einfluß der Zeit zwischen Tod und Blutentnahme bzw. Untersuchung der Proben auf Veränderungen der Alkoholkonzentration und damit der Alkoholquotienten GF/BAK nachzuweisen. Das Resultat ist in der folgenden Tabelle (Tab. 3) wiedergegeben. Die kürzeste Zeitspanne zwischen Tod und Probenahme betrug 30 Minuten, die längste 136 Stunden. In Abhängigkeit von der Zeit stiegen die Mittelwerte der Quotienten zunächst von 1,154 auf 1,256 allmählich an und näherten sich in der letzten Klasse mit 1,237 wieder dem Wert der dritten Klasse.

Tabelle 3: Quotienten des Alkoholgehaltes GF/BAK in Abhängigkeit von der Zeit zwischen Tod und Blutentnahme. Klasseneinteilung mit gleich großer Häufigkeit.

Zeit zwischen Tod und Blutentnahme in Stunden	Alkoholquotient GF/BAK		
	KLASSENMITTE	MITTELWERT	STREUUNG $\pm$
			HÄUFIGKEIT
2,553	1,154	0,07	22
11,461	1,177	0,09	22
22,229	1,234	0,12	22
42,604	1,256	0,08	22
83,265	1,237	0,11	22

3.2.2. Nach Korrektur der Blutalkoholkonzentration
unter Berücksichtigung des Wassergehaltes

Die folgenden Ergebnisse basieren auf Blutalkoholwerten, die mit der Verteilung mittlerer Wasseranteil (= 81,25 Gew.%) zu jeweils tatsächlichem Wasseranteil korrigiert wurden. Die Umrechnung erfolgte nach der von BRETTEL (1972) angegebenen Formel:

$$\text{Korrigierte BAK} = \frac{\text{Blutalkoholgehalt (\%)} \times 81,25}{\text{Wassergehalt der Probe}}$$

In Abb. 2 sind die Häufigkeitsverteilungen von Alkoholquotienten GF/BAK mit "unkorrigiertem" und "korrigiertem" Blutalkoholbefund gegenübergestellt. Die Umrechnung der chemischen Alkoholanalysergebnisse unter Berücksichtigung des Blutwassergehaltes hat eine Linksverschiebung der Quotienten mit Abnahme des arithmetischen Mittels von 1,224 auf 1,147, eine Verringerung der Streuung von $\pm 0,11$ auf $\pm 0,095$ und den Wegfall extremer Werte über 1,45 zur Folge. Auffallend ist das vermehrte Auftreten niedriger Quotienten, die wesentlich dazu beitrugen, daß die "korrigierte" Verteilung im χ^2 -Test bereits auf dem 20 %-Signifikanzniveau normal-verteilt war.

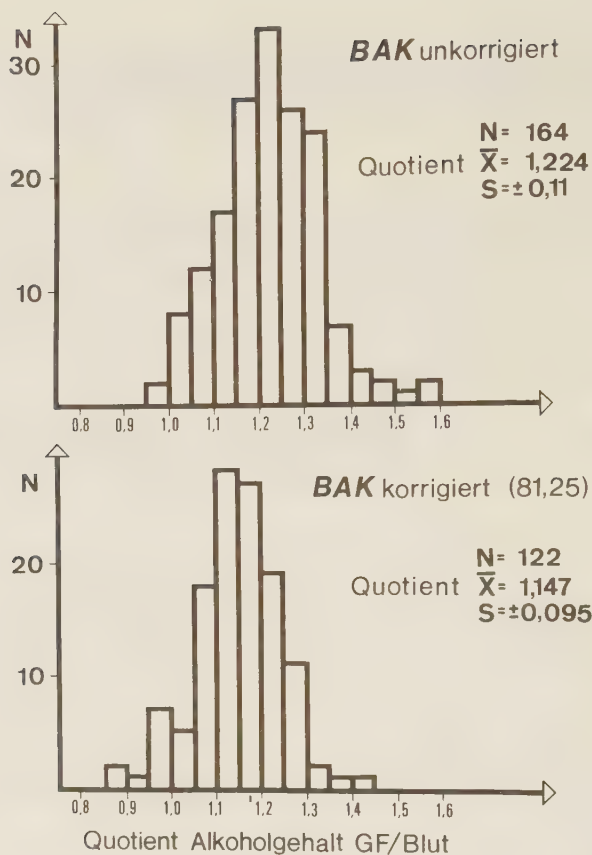


Abb. 2:

Häufigkeitsverteilung der Quotienten aus dem Alkoholgehalt der Augenglaskörperflüssigkeit (GF) und des Leichenblutes aus der Vena femoralis.

obere Bildhälfte : Blutalkoholkonzentration unkorrigiert

untere Bildhälfte: Blutalkoholkonzentration unter Berücksichtigung des Blutwassergehaltes korrigiert.

Daß zwischen den Alkoholkonzentrationen beider Substrate (Blut und GF) von einer linearen Beziehung ausgegangen werden kann, verdeutlicht Abb. 3. In der graphischen Darstellung scharen sich die Werte eng um die Regressionsgerade ($y = 0,0009 + 1,146 x$ mit einem Korrelationskoeffizient von 0,97) und streuen erst bei höheren Alkoholkonzentrationen etwas stärker (auf Wassergehalt korrigierte Werte).

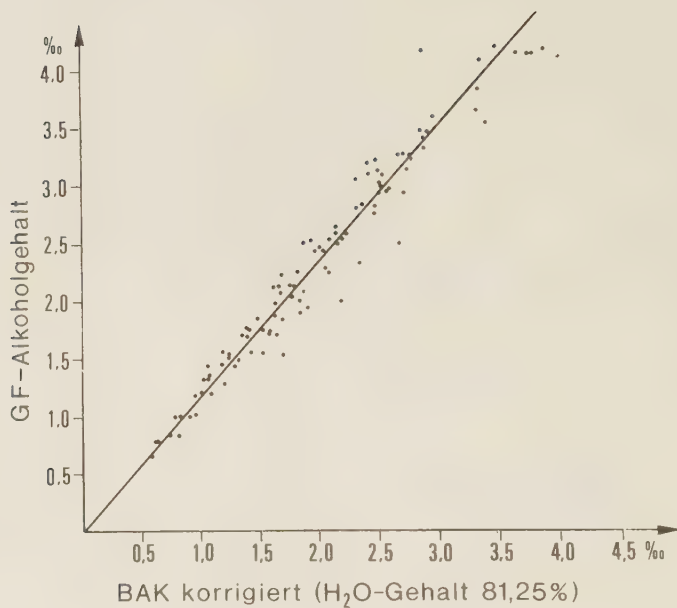


Abb. 3:

Korrelation: BAK (korrigiert) zu GF-Alkoholgehalt

3.3. Nachuntersuchung gelagerter GF-Proben

33 Proben mit Augenglaskörperflüssigkeit, die zwischen 22 und 776 Tagen bei + 4° C in Venülen gelagert waren, wurden auf Alkohol nachuntersucht. Bei 3 Proben ergab die Zweituntersuchung einen etwas höheren Alkoholgehalt. Die Werte lagen aber noch innerhalb der methodischen Streubreite. Zwei Proben waren alkoholfrei bei ursprünglichen Alkoholwerten von 2,92 ‰ und 0,64 ‰. Die übrigen Proben wiesen bei der Nachuntersuchung mehr oder weniger deutlichen Alkoholschwund zwischen 1,5 und 92,9 % des Erstgehaltes auf. Zusammenhänge zwischen Abnahme des Alkoholspiegels und Lagerungszeit oder Probenfüllung ließen sich nicht ermitteln. Bei gaschromatographischen Analysen wurden auch keine flüchtigen Fremdstoffe, vor allem keine Fäulnisalkohole angetroffen (Tabelle 4, Anhang Seite 37).

4. DISKUSSION

Die Möglichkeit, Augenglaskörperflüssigkeit zur Bestimmung des Alkoholgehaltes heranzuziehen, wird seit Mitteilungen tierexperimenteller Untersuchungsergebnisse von HENTSCH und MÜLLER (1965) über das Auftreten von Alkohol im Glaskörper sowie insbesondere nach Veröffentlichungen von STURNER und COUMBIS (1966) diskutiert. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Brauchbarkeit der Glaskörperflüssigkeit als zusätzliches Substrat für den postmortalen Alkoholnachweis zu überprüfen, vor allem für solche Fälle, bei denen die Gewinnung von Leichenblut auf Schwierigkeiten stößt oder bei denen von vornherein mit fäulnisbedingten Verfälschungen der Blutalkoholkonzentration zu rechnen ist. Besondere Beachtung fanden dabei mögliche postmortale Alterationen des Blutalkoholspiegels z.B. infolge Eindickung des Blutes durch Hypostase und zunehmende Gefäßwandpermeabilität. Ergänzend zur ausführlichen monographischen Darstellung über Blutalkohol und Blutwassergehalt von BRETTEL (1972) versuchten wir außerdem nachzuweisen, inwieweit sich die Wasserkonzentration im Schenkelvenenblut in Abhängigkeit von der Todeszeit verändert.

Das Ergebnis von 340 Leichenblutuntersuchungen (in Abb.1 graphisch dargestellt) läßt erkennen, daß sich der Wassergehalt im Femoralvenenblut nach dem Tode mit Ausnahme der

ersten drei Stunden p.m. vermindert; in der letzten Klasse unseres Materials bei einer mittleren Blutentnahmezeit von 251,77 Stunden p.m. betrug er im Mittel nur noch 74 Gew.%. Die Ursachen für den postmortalen Wasserverlust sind hinlänglich aufgeklärt (siehe BRETTEL 1972). Der in unserem Untersuchungsgut aufgetretene anfängliche Anstieg der Wasserkonzentration fand dagegen bislang keine Beachtung. Wir halten es für sehr wahrscheinlich, daß er mit Veränderungen der intra- und extravasalen Blutgerinnung kurz nach Todeseintritt, auf die u.a. schon SCHLEYER (1958) hingewiesen hat, in Zusammenhang steht.

Bekanntlich verteilt sich der Alkohol in den Körperflüssigkeiten und Organen proportional zum jeweiligen Wassergehalt (GRÜNER 1957, BRETTEL 1972 u.a.). Welche Fehler daraus für die Alkoholfeststellung resultieren können, wenn sich die Untersuchung auf die bloße Bestimmung des Alkoholspiegels beschränkt, wird am Beispiel der Größe der Wasserverschiebung und insbesondere auch unter Mitberücksichtigung der beträchtlichen Streuung der Wasseranalysenwerte von Probe zu Probe, aus Abb. 1 deutlich. Günstiger liegen die Verhältnisse beim Alkoholnachweis in der Augenglaskörperflüssigkeit. Aus 19 Bestimmungen des GF-Wasseranteils errechneten wir einen Mittelwert von 98,46 Gew.% ($\pm 0,4$), der mit Angaben von HENTSCH und MÜLLER, 1965 (98,8 %), AUDRLICKÝ und PRIBILLA, 1971 (98,6 %)

in guter Übereinstimmung steht. Unsere Untersuchungen erbrachten keine Anhaltspunkte für ein Absinken des Wasserquantums der Augenglaskörperflüssigkeit innerhalb eines Beobachtungszeitraumes von 9 Tagen p.m. (Tab. 2). Auf diese Konstanz der Werte hatten bereits AUDRLICKÝ und PRIBILLA aufmerksam gemacht. Spätere Entnahmen lieferten meist kein ausreichendes Untersuchungssubstrat mehr, weil die Gesamtmenge der intraoculären Flüssigkeit allmählich abnimmt und das Auge schließlich kollabiert.

Wegen der Abhängigkeit vom Wassergehalt sind in der Augenglaskörperflüssigkeit höhere Alkoholwerte als im Blut zu erwarten und die in der GF bestimmten Alkoholkonzentrationen unter Zugrundelegung der Verteilungsverhältnisse auf Blutalkoholgehalt umzurechnen. In der Literatur finden sich sehr unterschiedliche Angaben über Umrechnungsfaktoren. FELBY (1969) empfahl den GF-Wert durch 1,37 zu dividieren, während NORHEIM (1972) bei einer 73 Leichen umfassenden Studie einen Faktor von 1,19 ermittelte. HEUMANN und PRIBILLA (1970) stellten bei statistischen Auswertungen von 36 Vergleichsproben folgende lineare Regression zwischen Alkoholgehalt im Serum (y) und in der Glaskörperflüssigkeit (x) fest: $y = -0,01 + 0,988 \cdot x$. In einer zweiten Mitteilung (AUDRLICKÝ und PRIBILLA, 1971) wurden die Alkoholfunde von Blut, Glaskörperflüssigkeit, Harn und Syno-

vialflüssigkeit bei 20 Leichen vor und nach Einbeziehung des aktuellen Probenwassergehaltes miteinander verglichen. Die Korrektur führten die Autoren allerdings auf einen Wassergehalt von 100 % durch, so daß die gefundenen Quotienten für die praktische Anwendung zur Berechnung des Blutalkoholgehaltes im Todeszeitpunkt nicht ohne weiteres herangezogen werden können.

Die Auswertung der eigenen Untersuchungsergebnisse bezüglich der Alkoholverteilung zwischen GF und Vollblut (zunächst ohne Berücksichtigung des Blutwasserverlustes) ist in Abb. 2 graphisch dargestellt. Das arithmetische Mittel des Quotienten GF-Alkoholwert/BAK lag bei 1,22, die Streuung betrug $\pm 0,11$. Den Zusammenhang zwischen Zeitpunkt der Probenahme und damit der Veränderung des Wassergehaltes des Blutes sowie der Größe der Quotienten GF-Alkoholwert/BAK geht aus Tabelle 3 hervor. Zu den tatsächlichen Umrechnungsfaktoren für GF-Befunde gelangt man danach nur unter Berücksichtigung der postmortalen Bluteindickung durch Korrektur der BAK auf den normalen Blutwassergehalt. Dabei erhebt sich allerdings die Frage, was als "normaler" Wasseranteil anzusehen ist. BRETTEL (1972) empfahl Blutalkoholbefunde auf 80 % Wasseranteil zu korrigieren, AUDRLICKÝ (1965) gab 81 % an. Eine am hiesigen Institut durchgeführte Arbeit, die sich mit der Nachuntersuchung gelagerter Blutproben

beschäftigte, zeigte, daß auf 81,25 % Wasseranteil berichtigte Blutalkoholwerte die beste Übereinstimmung mit den Erstuntersuchungsbefunden erbrachten (PETZ 1976). Zu empfehlen ist die Korrektur auf diesen Wasseranteil jedoch nur dann, wenn die Bestimmung, wie im methodischen Teil beschrieben, nach dem Trockengewichtsverfahren vorgenommen wird.

In Abb. 2 unten ist die Häufigkeitsverteilung der Quotienten GF-Alkoholwert/BAK (81,25 Gew.%) wiedergegeben. Im Vergleich zur "unkorrigierten" Verteilung (obere Bildhälfte) fällt eine Linksverschiebung, Mittelwert nunmehr $1,147 \pm 0,09$ bei einem Medianwert von 1,16, sowie ein vermehrtes Auftreten niedriger Quotienten auf. Letzteres hatte zur Folge, daß die Prüfung nach dem χ^2 -Test, die vor der Korrektur 30 % betrug, bereits auf dem 20%-Signifikanzniveau normalverteilt ausfiel. Sehr wahrscheinlich ist für die Zunahme niedriger Quotienten eine noch nicht abgeschlossene gleichmäßige Alkoholverteilung zwischen Blut und GF während der Alkoholresorptionsphase verantwortlich. Diese Diffusionsverzögerung kann jedoch nicht so groß sein, wie verschiedentlich angenommen wurde. 1965 kamen HENTSCH und MÜLLER tierexperimentell nach peroraler Äthanolgabe unter Einbeziehung des Lösungsvolumens im Glaskörper der Versuchstiere (Kaninchen) auf etwa die Hälfte der Alkoholkonzen-

tration, die sie aus den Analysenwerten für Blut errechneten. Da sie sich dabei jedoch auf einen Blutwassergehalt von 50,4 % und einen GF-Wert von 98,8 % bezogen, können ihre Schlußfolgerungen sowohl hinsichtlich des Konzentrationsunterschiedes als auch insbesondere der Dauer des Diffusionsausgleiches zwischen Blut und Glaskörper nicht zutreffen. DAVSON (1969) gibt für den Eintritt von Alkohol in das Kammerwasser des Auges die Diffusionskonstante $K_{in} = 0,05 / \text{min}$ an, wobei " K_{in} " die Summe aller Faktoren darstelle, welche die Diffusion des Alkohols aus dem Plasma in das Kammerwasser begünstige". Die Auswertung unseres Materials spricht für eine rasche Diffusion des Alkohols aus dem Blut ins Kammerwasser und in den Glaskörper, da sich nach Korrektur der Blutalkoholkonzentration ganz überwiegend Quotienten größer als 1,0 ergaben. Lediglich 8 Fälle mit Quotienten unter 1,0 (der niedrigste war 0,87) wiesen auf eine geringe anfängliche Resorptionsverzögerung bei größerer Alkoholaufnahme kurz vor Todeseintritt hin. FELBY (1969) spricht bei zwei ähnlichen Fällen seines Materials ebenfalls von einem "Resorptionseffekt". Im übrigen ist der von ihm angegebene Umrechnungsfaktor von 1,37 vermutlich auf Vernachlässigung der Abnahme des postmortalen Alkohollösungsvolumen im Blut zurückzuführen.

Zur Vervollständigung sollen die Fälle nicht unerwähnt bleiben, die sich von den bisherigen Ergebnissen abweichend verhielten. Zunächst zwei mit starker Fäulnisbildung im Leichenblut, die gesondert betrachtet werden müssen. Im ersten Beispiel handelte es sich um einen Unfalltoten. Die Proben zur Alkoholfeststellung konnten erst 38 Stunden p.m. entnommen werden. Gaschromatographisch fanden sich im Femoralvenenblut außer 2,03 % Äthanol noch mehrere leichtflüchtige Fäulnissubstanzen und n-Propylalkohol, sowie sec-, iso- und n-Butylalkohol, während die Untersuchung der Augenglaskörperflüssigkeit keine Hinweise auf Fäulnisveränderungen ergab. Sowohl nach Art und Menge der Fäulnisstoffe im Blut als auch nach dem GF-Alkoholwert (2,24 %) kam für den Zeitpunkt des Todeseintritts nur eine BAK von 1,85 % infrage.

Im zweiten Beispiel handelte es sich um eine Leiche, die Ende August bis zur Sektion und Blutentnahme fünf Tage in einem ungekühlten Bestattungsraum gelegen hatte. Die Untersuchung des Schenkelvenenblutes ergab 1,98 % nach Widmark und 0,68 % nach ADH. Gaschromatographisch fanden sich 0,50 % Äthanol, 0,03 % n-Propanol und 0,44 % n-Butanol. Die Augenglaskörperflüssigkeit war alkoholfrei ! Dieses Resultat ließ ohne ernstlichen Zweifel schließen, daß der im Blut festgestellte Alkohol aus-

schließlich von Fäulnis herrührte.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit fanden sich bei 165 Proben von Glaskörperflüssigkeit nur einmal Fäulnis Spuren. Bei früheren Untersuchungen im hiesigen Institut resultierten beim Vergleich von 77 Analysenergebnissen im Blut 9, im Harn 14 und in der GF 5 Fälle mit Fäulnisalkoholen; in der Glaskörperflüssigkeit wurden allerdings davon nur Spuren angetroffen, so daß lediglich mit einer Verfälschung der Alkoholkonzentration von höchstens 0,1 ‰ zu rechnen war.

Ein interessantes Ergebnis brachte die Untersuchung eines 25-jährigen Selbstmörders. Er hatte nach einem Kopfschuß noch ca. 10 Stunden überlebt. Die Sektion wurde wiederum 10 Stunden später vorgenommen. Der Alkoholgehalt in der GF war mit 2,49 ‰ mehr als doppelt so hoch als die Blutalkoholkonzentration (1,12 ‰). Als Erklärung für diese auffallende Diskrepanz der Werte kommt nach dem Verletzungsbefund in Betracht, daß der vitale Alkoholausgleich zwischen Glaskörperflüssigkeit und Blut infolge Zerstörung von Blutgefäßen und Abriß des Sehnervs weitgehend unterbrochen war, so daß sich der GF-Alkoholwert bis zum Todeseintritt wesentlich langsamer verringerte als der Blutalkoholspiegel. (Dieser Fall ist in der Statistik nicht enthalten).

Die abschließende Nachuntersuchung gelagerter GF-Proben lieferte keine verlässlichen Ergebnisse. Über die methodische Streuung hinausgehende Erhöhungen der Erstbefunde fanden sich ebensowenig wie eine Bildung von Fäulnisalkoholen. Dagegen war der Alkoholschwund ungewöhnlich groß und betrug zwischen 1,5 - 92,9 % der ursprünglichen Alkoholkonzentration. Wir vermuten, daß die Verringerung hauptsächlich durch einen ungenügenden Verschuß der Probengefäße zustande kam.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Zur Feststellung über das Ausmaß von Wassergehaltsveränderungen im Femoralvenenblut in Abhängigkeit zur Todeszeit wurden Blutproben von 340 Leichen nach dem Trockengewichtsverfahren untersucht. Bei 167 Leichen mit positivem Alkoholbefund verglichen wir außerdem die Höhe des Alkoholgehaltes im Schenkelvenenblut und in der Augenglaskörperflüssigkeit. Dabei kamen wir zu folgenden Ergebnissen:

1. Initial lag der Wassergehalt von Femoralvenenblutproben im Mittel bei 80,4 Gew.%. Kurz nach dem Tode erhöht er sich geringfügig auf 81,2 % (zwei Stunden p.m.), anschließend sank er anfangs schneller nach etwa zwei Tagen immer geringer ab. Zehn Tage p.m. betrug er nur noch 73,9 %. Die Streuung der Einzelbefunde war erheblich und nahm mit der Todeszeit zu (Abb. 1).
2. Der Wassergehalt von Augenglaskörperflüssigkeit - durchschnittlich $98,46 \pm 0,4$ Gew.% - ließ dagegen über eine Beobachtungszeit von 9 Tagen p.m. keine nennenswerten Veränderungen erkennen. Allerdings nahm die Gesamtmenge der intraoculären Flüssigkeit allmählich ab, so daß zwei Wochen p.m. meist kein ausreichendes Probenquantum mehr gewonnen werden konnte.

3. Regressionsprüfungen ergaben eine lineare Abhängigkeit zwischen dem Alkoholgehalt in der Augenglaskörperflüssigkeit und im Femoralvenenblut mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,97.
4. Der Quotient des Alkoholgehaltes der Augenglaskörperflüssigkeit (GF) zur BAK betrug ohne Berücksichtigung postmortalen Veränderungen des Wasser- und Alkoholwertes im Femoralvenenblut $1,22 \pm 0,11$; nach Korrektur der Blutalkoholbefunde unter Mitberücksichtigung des jeweiligen Probenwasseranteiles und unter Zugrundelegung eines Vollblutwassergehaltes von 81,25 Gew.% resultierten als Mittelwert $1,15 \pm 0,09$ und als Medianwert 1,16.
5. Alkoholkonzentrationsunterschiede zwischen Blut und intraoculärer Flüssigkeit gleichen sich in vivo offensichtlich rasch aus. Deshalb ist nur bei stärkerer Alkoholanflutung damit zu rechnen, daß der GF-Alkoholspiegel vorübergehend hinter dem Blutalkoholgehalt zurückbleibt. Der niedrigste Quotient GF-Alkohol : BAK in unserem Untersuchungsgut lag bei 0,87.
6. Fäulnisveränderungen in der Augenglaskörperflüssigkeit traten nur mit einer Häufigkeit von weniger als 2,5 % auf. Die Fäulnisäthanolbildung blieb dabei unter 0,1 %.

7. Bei schweren Schädelhirnverletzungen, die in der Lage sind, den Diffusionsausgleich der intraoculären Flüssigkeit zu blockieren, kann der Alkoholgehalt im Auge bis zum Todeseintritt erhalten bleiben, während sich der Blutalkoholspiegel bis zum Kreislaufstillstand noch verändert.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1. AUDRLICKÝ, J.:
Die Abhängigkeit des Alkoholspiegels im
Leichenblut vom verschiedenen Wassergehalt
im untersuchten Material.
Blutalkohol 3, 169 (1965)
2. AUDRLICKÝ, J., und O. PRIBILLA:
Vergleichende Untersuchungen der Alkoholkon-
zentration im Blut, der Glaskörperflüssigkeit,
der Synovialflüssigkeit und im Harn.
II. Mitteilung.
Blutalkohol 8, 116 (1971)
3. BRETTEL, H.F.:
Erfahrungen mit Wassergehaltsgehaltsbestimmun-
gen bei Leichenblut.
Blutalkohol 6, 439 (1969)
4. BRETTEL, H.F.:
Über Beziehungen zwischen dem Abfall der Blut-
alkoholkonzentration und dem Wasserverlust des
Blutes nach dem Tode.
Blutalkohol 7, 54 (1970)
5. BRETTEL, H.F.:
Blutalkohol und Blutwassergehalt.
Schmidt-Römhild Verlag, Lübeck 1972
6. BRETTEL, H.F.:
Der Korrekturfaktor bei der gaschromatographi-
schen Leichenblutalkoholbestimmung.
Blutalkohol 10, 120 (1973)

7. DAVSON, H.:
The Eye. Vol. 1.
Academic Press, New York 1969
8. ELBEL, H., und F. SCHLEYER:
Blutalkohol.
2. Auflage.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1956
9. FELBY, S., and J. OLSEN:
Comparative studies of postmortem ethyl alcohol
in vitreous humor, blood, and muscle.
J. Forensic Sci. 14, 93 (1969)
10. GRÜNER, O.:
Die Verteilung des Alkohols im Blut.
Dtsch. Z. gerichtl. Med. 46, 10 (1957)
11. GRÜNER O.:
Die Bedeutung des Körperwassers für die
Verteilung des Alkohols im Organismus.
Dtsch. Z. gerichtl. Med. 46, 53 (1957)
12. GRÜNER, O.:
Der gerichtsmedizinische Alkoholnachweis.
Carl Heymanns Verlag, Köln 1967
13. GÜNTHER, H.-M.:
Experimentelle Untersuchungen zur Alkohol-
diffusion im Leichnam.
Diss. Erlangen 1976
14. HENTSCH, R., und H.P. MÜLLER:
Tierexperimentelle Untersuchungen über die
Konzentration von peroral zugeführtem Alko-
hol im Blut und Glaskörper.
Arch. klin. exp. Ophtha. (Graef) 1968, 330 (1965)

15. HEUMANN, R., und O. PRIBILLA:
Über die Beziehung des Alkoholgehalts in der
Glaskörperflüssigkeit, im Blutserum und im
Harn bei Leichen.
I. Mitteilung.
Blutalkohol 6, 463 (1970)
16. HINCKERS, J.H.:
Die Wasserkonzentration des Vollblutes, der
Erythrozyten und des Serums und deren Bedeutung
für den Wasser- (Alkohol-) Verteilungsfaktor:
Serum/Vollblut.
Blutalkohol 5, 436 (1968)
17. JOACHIM, H., H.-B. WUERMELING und V. WÜST:
Die postmortale Entstehung von Äthanol im
Diabetikerblut und Diabetikerharn.
Blutalkohol 4, 219 (1975)
18. LAUTENBACH, L.:
Gaschromatographische und massenspektrometrische
Untersuchungen über das Auftreten leichtflüchtiger
Verbindungen bei der Leichenfäulnis.
Habil. Schrift, Erlangen 1968
19. LAUTENBACH, L.:
Über die Beziehungen zwischen dem Alkoholgehalt
des Blutes, der Glaskörperflüssigkeit und des
Harnes.
Vortrag auf der Tagung der Dtsch. Ges. Rechtsmed.
Berlin 1969
20. LAUTENBACH, L.:
Neuere Ergebnisse zur Beurteilung des Alkohols
im Leichenblut.
Vortrag auf der 31. Jahrestagung der Dtsch. Ges.
Rechtsmed. Wien 1972

21. LAUTENBACH, L.:
Handwörterbuch der Rechtsmedizin. Band I.
Hrsg. Gg. Eisen.
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1973
22. LEAHY, M.S., E.R. FARBER, and T.R. MEADOWS:
Quantitation of ethyl alcohol in the postmortem
vitreous humor.
J. Forensic Sci. 13, 498 (1968)
23. MACHATA, G.:
Über die gaschromatographische Blutalkohol-
bestimmung.
Blutalkohol 4, 252 (1967)
24. MACHATA, G., und L. PROKOP:
Alkoholabbau und Acetaldehyd.
Blutalkohol 4, 281 (1971)
25. MAYER, R.M.:
Intermittierende Alkoholresorption, Speichel-
alkoholkurve und Alkoholwirkung.
Dtsch. Z. gerichtl. Med. 26, 250 (1936)
26. NORHEIM, G.:
Postmortem alcohol in vitreous humor.
Blutalkohol 9, 187 (1972)
27. OLSEN, J.E.:
Penetration rate of alcohol into the vitreous
humor studied with a new in vivo technique.
Acta ophthalmologica 49, 585 (1971)
28. PETZ, G.:
Zum Blutalkoholnachweis in länger gelagerten
Blutproben.
Diss. Erlangen 1976

29. SCHLEYER, F.:
Postmortale klinisch-chemische Diagnostik und
Todeszeitbestimmung mit chemischen und physi-
kalischen Methoden.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1958
30. SCHWERD, W.:
Die Beurteilung von Alkoholbefunden im
Leichenblut.
Dtsch. Z. gerichtl. Med. 43, 221 (1954)
31. STURNER, W.Q., and M.S. COUMBIS:
The quantitation of ethyl alcohol in vitreous
humor and blood by gaschromatography.
Amer. J. clin. Path. 46, 349 (1966)
32. WEINIG, E.:
Der Alkoholspiegel im Leichenblut.
Dtsch. Z. gerichtl. Med. 26, 293 (1936)
33. WEINIG, E., und L. LAUTENBACH:
Die Gaschromatographie als neue Methode in der
forensischen Toxikologie und Kriminalistik.
Arch. Kriminol. 122, 11 (1958)
34. WEINIG, E., und L. LAUTENBACH:
Die Beurteilung von Alkoholbefunden in Leichen-
blutproben.
Blutalkohol 1, 222 (1962)
35. WEINIG, E., W. SCHWERD, und L. LAUTENBACH:
Die Neubildung von Äthanol, Methanol und anderen
Alkoholen im Leichenblut und ihre forensische
Bedeutung.
Beitr. gerichtl. Med. 21, 114 (1961)

36. WEINIG, E., P. ZINK, und G. REINHARDT:
Über die forensische Bedeutung der Alkohol-
konzentration im Urin.
Blutalkohol 7, 307 (1970)

Tabelle 4: Nachuntersuchung gelagerter GF-Proben

Sektion	Zeit zwischen Tod u. Nachuntersuchung in Tagen	GF - Alkoholwert		Differenz 2. Befund absolut in %	minus 1. Befund relativ in % vom Erstbefund
		1. Befund	Mittelwert 2. Befund		
40/75	22	1,440	1,401	- 0,039	- 2,70
24/75	38	2,786	2,657	- 0,129	- 4,63
298/74	136	2,790	1,186	- 1,604	- 57,49
290/74	142	2,400	2,170	- 0,230	- 9,58
275/74	164	2,920	0,	- 2,920	- 100,00
173/74	249	0,770	0,312	- 0,458	- 59,48
128/74	295	2,730	2,204	- 0,526	- 19,27
122/74	298	1,514	1,666	+ 0,152	+ 10,04
31/74	388	2,200	2,120	- 0,080	- 3,63
310/73	429	1,532	1,496	- 0,036	- 2,39
305/73	436	1,532	0,908	- 0,624	- 40,73
309/73	442	3,190	3,050	- 0,140	- 4,37
295/73	446	3,230	2,216	- 1,014	- 31,39
271/73	480	1,820	2,430	+ 0,610	+ 33,52
268/73	484	1,720	1,060	- 0,660	- 38,37
251/73	502	1,726	1,750	+ 0,024	+ 1,39
249/73	515	1,990	1,453	- 0,537	- 26,98
234/73	529	4,080	0,291	- 3,789	- 92,87
219/73	535	3,020	2,887	- 0,133	- 4,40
220/73	535	3,490	2,445	- 1,045	- 29,94
217/73	535	3,220	2,284	- 0,936	- 29,07
215/73	535	3,220	2,628	- 0,592	- 18,39
208/73	546	3,180	1,908	- 1,272	- 40,00
197/73	560	0,980	0,953	- 0,027	- 2,75
194/73	564	2,100	1,553	- 0,547	- 26,05
133/73	628	2,050	2,069	+ 0,019	+ 0,93
22/73	683	2,990	2,454	- 0,536	- 17,93
89/73	724	0,640	0,	- 0,640	- 100,00
55/73	738	1,980	1,587	- 0,393	- 19,85
49/73	756	2,810	2,050	- 0,760	- 27,05
31/73	763	2,250	2,168	- 0,082	- 3,64
23/73	776	1,756	1,729	- 0,027	- 1,54
9/73					

N = 33

Herrn Professor Dr. H.-B. Wuermeling danke ich für die Arbeitsmöglichkeit in seinem Institut, für sein freundliches Entgegenkommen und die Übernahme des Korreferates.

Besonderen Dank schulde ich Herrn Professor Dr. L. Lautenbach für die Überlassung des Themas, sein stetes Interesse und die überaus große Hilfsbereitschaft.

Lebenslauf

Am 16.9.1949 wurde ich als Tochter des Zahnarztes Eberhard Goerlich und seiner Ehefrau Alice, geb. Dauth, in Ingolstadt geboren.

Von 1955 bis 1959 besuchte ich die Volksschule in Ingolstadt und anschließend das Reuchlin-Gymnasium in Ingolstadt, wo ich 1968 das Abitur ablegte. Bis zur Zulassung zum Studium arbeitete ich als Pflegehelferin in der Universitäts-Kinderklinik in Erlangen.

Im Sommer-Semester 1969 immatrikulierte ich mich an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen für das Fach Zahnmedizin und legte im Oktober 1971 meine zahnärztliche Vorprüfung ab.

Mit dem Staatsexamen, das ich im Juli 1974 bestand, beendete ich mein Studium an der Universität Erlangen-Nürnberg.

Im September 1974 nahm ich in der Praxis meines Vaters in Ingolstadt für ein Jahr eine Stelle als Ausbildungs-Assistentin an. Seit Oktober 1975 bin ich bei Herrn Dr. Walter Jungkuntz in Fürth angestellt.

Buchdruck - Offsetdruck

Karl Döres, 852 Erlangen, Jägerstr. 3 · Tel. 2 15 21